

TEMPORARY DISCRIMINATION CIRCUIT AND VITERBI DECODER USING IT

Publication number: JP2000030376

Publication date: 2000-01-28

Inventor: HARA MASAOKI

Applicant: SONY CORP

Classification:

- international: G11B20/14; G11B20/18; H03M13/23; H04L25/08; G11B20/14;
G11B20/18; H03M13/00; H04L25/08; (IPC1-7): G11B20/14;
G11B20/18; H03M13/23; H04L25/08

- European:

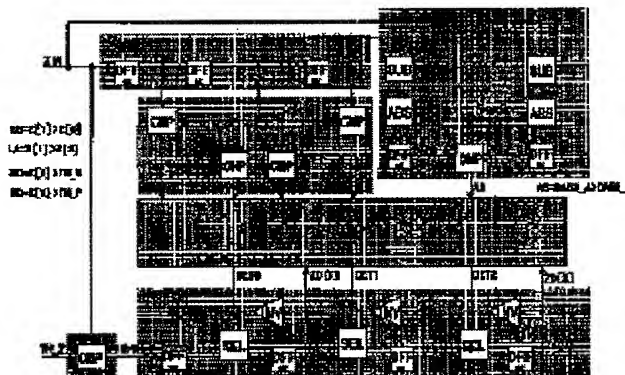
Application number: JP19980198332 19980714

Priority number(s): JP19980198332 19980714

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2000030376

PROBLEM TO BE SOLVED: To make not detectable inversion compensable and to apply a pass limit type viterbi decoder to a non-differential system optical recording system by inverting the result of temporary discrimination when such conditions that the level of a regenerative signal is sufficiently near to a threshold value, and a maximum when the temporary discrimination result is 0, and the minimum when it is 1 are satisfied even when the inversion isn't detected by binary discrimination. **SOLUTION:** The amplitude ZIN of the regenerative signal equalized to an equalization characteristic for the temporary discrimination becomes a binarization signal ZD defined by $ZD = (ZIN > TH-Z)$ by comparing with a beforehand set first threshold value TH-Z. The regenerative signal ZIN is inputted to a shift register <SHR1>, and delayed Z[0], Z[1], Z[2] are formed. The Z[1] is various size compared with second, third prescribed threshold values TH-P, TH-M, and the binarization signals PD, MD defined by $PD = (Z[1] > TH-P)$, $MD = (Z[1] > TH-M)$ are obtained.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-30376
(P2000-30376A)

(43)公開日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 1 1 B 20/14	3 4 1	G 1 1 B 20/14	3 4 1 B 5 D 0 4 4
20/18	5 3 4	20/18	5 3 4 A 5 J 0 6 5
H 0 3 M 13/23		H 0 3 M 13/12	5 K 0 2 9
H 0 4 L 25/08		H 0 4 L 25/08	B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁)

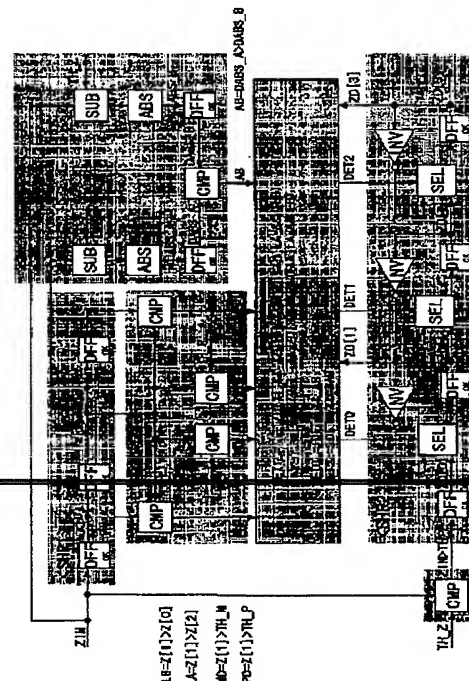
(21)出願番号	特願平10-198332	(71)出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22)出願日	平成10年7月14日(1998.7.14)	(72)発明者	原 雅明 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ ー株式会社内
		Fターム(参考)	5D044 BC01 BC02 CC03 CC04 FG01 FG06 GL10 GL31 GL32 5J065 AA01 AB01 AC03 AD10 AE06 AG05 AH02 AH09 AH15 5K029 AA01 CC07 HH21

(54)【発明の名称】 仮識別回路およびこの仮識別回路を用いたビタビ復号器

(57)【要約】

【課題】 検出できない反転を補償して非微分系の光記録系にもバス制限型のビタビ復号器を適用可能にすることができ、回路規模と動作速度を大幅に改善できるバス制限型のビタビ復号器用の仮識別回路の実現を課題とする。

【解決手段】 2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させる図の反転未検出補償回路を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 最小反転幅が2以上の、すなわち1Tが存在しない記録変調符号を用いて記録再生されるデジタル記録再生システムで、記録データの反転と再生信号のゼロ・クロスが一致するような等化特性に等化された再生信号を、ゼロ・クロスする識別点位相でしきい値との比較で仮識別して2値化することで、状態推移のパスを制限する構成のビタビ復号器の仮識別回路において、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償することを特徴とする仮識別回路。

【請求項2】 未検出だった反転が追加された場合に、その前後の再生信号のレベルを調べて、しきい値に近い方のビットに反転をずらして1Tを2Tにすることを特徴とする請求項1に記載の仮識別回路。

【請求項3】 仮識別用の前記等化特性としてPR(1, 1)を用いる場合、2値識別するためのしきい値をTH_Z、十分にTH_Zに近いTH_Zよりも小さいレベルであることを知るためのしきい値をTH_M、十分にTH_Zに近いTH_Zよりも大きいレベルであることを知るためのしきい値をTH_Pとしたときに、このTH_Z、TH_M、TH_PはそれぞれPR(1, 1)用ビタビ復号で用いる基準振幅レベルC000~C111を用いて、

$$TH_Z = (C001 + C110) / 2$$

$$TH_P = (C111 + C011) / 4$$

$$TH_M = (C000 + C100) / 4$$
で定義されることを特徴とする請求項1に記載の仮識別回路。

【請求項4】 前記3つのしきい値TH_Z、TH_P、TH_Mを、識別結果と該当する再生信号の振幅レベルを参照して、記録再生条件の変動に追従するようにしたことを特徴とする請求項3に記載の仮識別回路。

【請求項5】 入力信号を所定のサンプリング周期で仮識別し、正しい識別結果に対して、変化点のタイミングが同一か、または1クロック周期だけ遅延してなる2値化信号を出力する仮識別手段と、前記入力信号を等化して等化信号を出力する等化手段と、前記2値化信号に基づいて、前記等化信号の取りうる状態の推移を制限し、この制限した状態の推移の中から最も確からしい状態推移を検出して前記入力信号を識別する判定手段とを具備するビタビ復号器において、前記仮識別手段として、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償する仮識別手段を用い

ることを特徴とするビタビ復号器。

【請求項6】 前記仮識別手段として、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償し、未検出だった反転が追加された場合に、その前後の再生信号のレベルを調べて、しきい値に近い方のビットに反転をずらして1Tを2Tにする仮識別手段を用いることを特徴とする請求項5に記載のビタビ復号器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、仮識別回路に関し、特にビタビ復号器に用いられる仮識別回路に関する。

【0002】

【従来の技術】＜PRMLに関する一般的説明＞デジタルVTR、ハードディスク、光ディスクなどのデジタル・マス・ストレージの分野では、近年、PRMLと呼ばれる再生等化・検出方式が盛んに検討されている。これはPartial Response Maximum Likelihoodの略であり、多値になるが狭い帯域での記録再生が可能になるパシヤル・レスポンス方式と、状態推移の尤度を再帰的に計算することでビット毎の識別に比べて良好なエラーレートが得られる最尤復号方式を組み合わせたものである。最尤復号方式の代表的なアルゴリズムがビタビ復号(Viterbi decoding)であり、これを実現した復号器のことを一般にビタビ復号器(Viterbi decoder)と呼ぶ。

【0003】PRMLを適用するための記録変調符号はなんでもよいのだが、以下の説明では、本発明で前提としている最小反転幅が2以上となる記録変調符号に限定することにする。最小反転幅が2となる記録変調符号としては、Miller Square 符号や8-14変換符号、およびRL L(Run Length Limited)(1, 7)とNRZIの組合せなどがあり、デジタルVTRや光ディスク・ドライブなどで多く用いられているものである。

【0004】符号間干渉長を3~4としたときのビタビ復号のためのトレリス線図(Trellis diagram)を図3に、種々の等化特性に対する基準振幅レベルを図4の図表に示す。もっとも簡単なビタビ復号は、PR(1, 1)などを等化特性として用いた4状態のビタビ復号器である。

【0005】基準振幅レベルは、本来は6値であるが、PR(1, 1)であれば3値、PR(1, 2, 1)であれば4値に縮退する。1クロック分の遅延演算子Dを用いると(1+D)と表すことができるPR(1, 1)に、さらに(1+D)したものがPR(1, 2, 1)であり、これにさらに(1+D)すればPR(1, 3, 3, 1)になる。また、PR(1, 1)に(1-D)

10

20

30

40

50

(1+D)すればPR(1, 1, -1, -1)となり、これをさらに(1+D)すれば(1, 2, 0, -2, -1)となる。

【0006】図4で「演算」と書いた項は、PR(1, 1)から所望の等化特性を得るために必要な演算を示している。一般に、ビタビ復号器のビット識別性能は、符号間干渉長を大きくすることで向上する。

【0007】＜ビタビ復号器ハードウェア化の問題点＞ビタビ復号器をハードウェア化して実際のディジタル記録再生システムに適応する場合、識別性能と回路規模および動作速度のいずれかを犠牲にしなければならない。図5に符号間干渉長(ISI長)と回路規模の関係の図表を示した。ここでBMCはブランチ・メトリックを計算する回路であり、基準振幅レベルの数だけ必要である。ただし、厳密に等化することを前提に基準振幅レベルを固定にする場合には図4に示したように基準振幅レベルが縮退して数が減るので、BMCの数も減少する。

【0008】次のACSは加算、比較、選択を行う回路であり、基本的には基準振幅レベルの数だけ加算回路が、状態の数だけ比較器が必要になるが、基準振幅レベルの縮退や禁止された状態推移があれば少なくなる。ここでは比較・選択回路の数を示している。最後のPMUは、それぞれの状態の識別結果の履歴を記憶する回路であり、状態の数だけ必要になる。このように、符号間干渉長が1ビット長くなると回路規模はほぼ2倍に増加する。

【0009】さらにビタビ復号器をハードウェア化する場合の問題点として、1クロック以内に加算、比較、選択を行わなければならない。ACS回路がクリチカル・パスとなって動作速度を制限するという点がある。この問題を解決するために、数タイム・スロット分の演算をまとめて行う並列処理回路としてビタビ復号器を実現することが可能である。しかしながら、2タイム・スロット分の演算をまとめて行う2並列処理にすれば、符号間干渉長が1ビット長くなったのとはほぼ同じハード・ウェア量になり、3タイム・スロット分の演算をまとめて行う3並列処理にすれば、符号間干渉長が2ビット長くなったのとはほぼ同じハード・ウェア量になる。したがって、PR(1, 1)やPR(1, 2, 1)の4状態ビタビ復号器が2並列化して10状態ビタビ復号器と同等な回路規模にして2倍のデータ・レートに対応させるところまでが現実的な実用範囲であった。

【0010】＜従来例としてのパス制限型ビタビ復号＞以上のような、ビタビ復号器の問題点を解決するための発明として、発明者は特願平9-224536と、これを拡張した提案をすでに行っている。これらの方法では、最初にPR(1, 1)などのように記録データの反転と再生信号のゼロ・クロスが一致するような等化特性を用いて、ゼロ・クロスする識別点位相において2値識別し、実際の記録データの反転タイミングに対して1/

2クロック進んでいるかまたは1/2クロック遅れたタイミングで反転検出する。その後の実際の復号には、PR(1, 1)そのままや、これに(1+D)したPR(1, 2, 1)などのように4状態となる等化特性、またはPR(1, 1)に(1-D)(1+D)の演算を施したPR(1, 1, -1, -1)などの等化特性を用いる。仮識別によって状態推移のパスは最大で4本に制限されるので、本来なら6状態のビタビ復号器を用いないといけないところを、2状態で実現することが可能になる。この仮識別によって状態推移のパスを制限するビタビ復号法を「パス制限型ビタビ復号」と呼ぶことにして、以下、本発明の基礎となる従来技術として説明する。

【0011】＜仮識別によるパス制限＞図6にPR(1, 1)等化された再生信号を仮識別する際の識別点位相を示す。通常のbit-by-bitの識別ではもっともアイが大きく開いたところを識別点位相として2値識別するが、パスを制限するためにはゼロ・クロスする識別点位相において2値に仮識別する。通常の識別点位相で検出される反転は、仮識別によって検出された反転よりも1/2クロックだけ進んでいる(advance)か遅れている(behind)かのいずれかとなる。パスを制限するための仮識別では、そのどちらかであればよいので、通常の識別点位相で2値識別した場合と比べて位相マージンが2倍に広がったことになる。

【0012】仮識別によって状態推移のパスは最大で、以下の4本に制限される。

aa：前後にある仮識別の反転を1/2クロック進めたパス(advance-advance)

ab：前にある仮識別の反転を1/2クロック進め、後ろにある仮識別の反転を1/2クロック遅らせたパス(advance-behind)

ba：前にある仮識別の反転を1/2クロック遅らせ、後ろにある仮識別の反転を1/2クロック進めたパス(behind-advance)

bb：前後にある仮識別の反転を1/2クロック遅らせたパス(behind-behind)

【0013】符号間干渉長が3と4の場合の記録データ、仮識別結果と状態推移の関係について、図7、図8に示す。仮識別で放出された反転で分岐[B1~B9]したパスが、符号間干渉長分の3、4クロックだけ後にマージするので、ここでメトリックを比較[C1~C7]して生き残るパスを選択することになる。仮想的に2つの状態、

Sa: Advanced State

Sb: Behind State

を考えた場合の状態推移についても合わせて示した。仮識別の結果が2Tになる場合には、パスbaは存在しない。また、仮識別の結果が1Tになる場合には、bbとaaは1T、baは0Tとなるので、2Tとなるパスa

bだけが存在することになるが、取扱いを容易にするために2Tに変換してパスbaだけを無くしている。ここで、a*はaaとabが一致している場合であり、b*はbaとbbが一致している場合である。図9に、仮識別結果の組合せと基準振幅レベルの関係について示す。

【0014】<パス制限型ビタビ復号の回路構成>この識別方式の回路構成を図10に示す。以下の5つのブロックによって構成されている。

- 11) PRD: PR-e-Detector
- 12) LPS: Limited Path Selector
- 13) BMC: Branch Metric Calculator
- 14) ACS: Add, Compare, Select
- 15) PMU: Path Memory Unit

【0015】最初のPRD11は、最新の再生信号データINと仮識別のしきい値THを比較して、

$$PRD = IN > TH$$

という2値識別をするところである。仮識別した結果に1Tが含まれている場合、図7および図8で示したように前の反転をひとつ前にずらして2Tにする。また、PR(1, 1)に等化されてサンプリングされた再生信号データを例えばEPR4の等化特性にするために、(1+D)(1-D)してその結果をOUTとして出力する。

【0016】次のLPS12は、図9で示したように、仮識別結果に基づいて基準振幅レベルを出力する回路である。比較信号Cmpは反転が放出された後、符号間干渉長の分だけ遅らせて出す信号で、ACS14においてメトリックの比較・選択をさせるための信号である。PRDA、PRDBはPMU15の初期値となる仮識別結果であり、PRDAはPRDBよりも1クロックだけ遅れた仮識別結果である。基準振幅レベルの数だけ必要であったBMCは、パスが最大で4本に制限された結果、次の4つのブランチ・メトリックを計算すれば良いことになる。

$$BMaa = (Z - Caa)^2$$

$$BMab = (Z - Cab)^2$$

$$BMba = (Z - Cba)^2$$

$$BMbb = (Z - Cbb)^2$$

ただし²は2乗を表す。

【0017】次のACS14は、回路構成が複雑なので図11に基づいて説明する。まず、

$$MAaa = DMAaa * Cmp + BMaa$$

$$MAab = DMAab * Cmp + BMab$$

$$MABA = DMAba * Cmp + BMba$$

$$MABB = DMAbb * Cmp + BMbb$$

に基づいて、メトリックを比較する必要の無いCmp=0の間は、ブランチ・メトリックを累積し続け、Cmp=1となったときには、いったんBMaa~BMbbを

そのままMAaa~MABBとした後に再び加算し続ける。

【0018】ここでDMAaa~DMAbbは、累積されたブランチ・メトリックMAaa~MABBを1クロック遅らせたもので、*は乗算演算子、!は論理否定演算子である。累積されたブランチ・メトリックとパス・メトリックDMTa、DMTbは、

$$MMaa = DMTa + DMAaa$$

$$MMab = DMTa + DMAab$$

$$MMba = DMTb + DMAba$$

$$MMbb = DMTb + DMAbb$$

で加算されたのちラッチされて、DMAaa~DMAbbとなり、

$$SELa = DMMaa > DMMba$$

$$SELb = DMMab > DMMbb$$

という比較をされ、この結果にもとづいてパス・メトリックを選択するのは、

$$MTa = (DMMaa * SELa + DMMba * SELa) * DCmp + DMTa * DCmp$$

$$MTb = (DMMab * SELb + DMMbb * SELb) * DCmp + DMTb * DCmp$$

で示すように、Cmpを1クロック遅らせたDCmp=

1になったときだけである。パス制限型ビタビ復号のACS14において重要なのは、状態数が2に制限された

ことで回路規模が大幅に削減されるだけでなく、1クロック以内に処理しなければいけなかった加算、比較、選

択を、加算と比較、選択に分けて2クロックで処理すれば良いことである。減算した結果の符号だけを使うのが

比較なので、加算と比較、選択はほぼ同じ処理時間を必要とする。したがって、通常のビタビ復号器と比べて、

2倍の速度で動作する回路を構成することが可能になる。

【0019】最後のパス・メモリーは、2状態の場合の通常のパス・メモリーとほとんど同じであり、PMa

[0]=PRDA、PMb[0]=PRDBを初期値とし、

$$PMa[n] = PMa[n-1] * ! (SELa * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELa * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

$$PMb[n] = PMa[n-1] * ! (SELb * DCmp) + PMb[n-1] * ! (SELb * DCmp)$$

では、従来型の多状態ビタビ復号器と同等もしくはそれ以上の識別性能を持つことが確認されている。

【0021】このバス制限型ビタビ復号を光ディスク・ドライブに対しても適用しようとすると、光ディスクの記録再生系の伝達特性が非微分系であることを考慮して、PR(1, 1)そのままやPR(1, 2, 1)、PR(1, 3, 3, 1)などの等化特性を用いれば良いと考えられる。そこで、図12に示すような実験システムを用いて、実際の再生信号データを計算機に取り込んでシミュレーションを行った。このシステムで、光ピックアップは波長660nm、N.A. 0.6のもの、メディアは12cmφの相変化ディスクでランド／グループ記録、トラックピッチ0.74μmのもの、記録変調符号は(1, 7)RLL+NRZI、クロックは35.4MHz、相対速度8.60m/s、ビット長0.364μm/bit、記録データはインクリメンタル、記録補償方式はマルチ・パルス、マーク・エッジ制御、記録パワーは11.5mW(最適)、消去パワーは4.5mW(最適)である。

【0022】相変化メディア評価基台20上の相変化メディア(相変化ディスク)21に記録再生された信号は、光学系24を経て読み出され、アナログ等化器26でPR(1, 1)の特性に等化され、ゼロ・クロス点をサンプリング位相として、PLLクロックによってディジタイザ(ディジタルオシロ)30のA/D変換器31でA/D変換されてメモリ33に蓄積された後、GPIBを介してワーク・ステーション40に取り込まれる。

【0023】ワーク・ステーション40上のシミュレーション・プログラムでは、理想的に等化されていた場合の基準振幅レベルを初期値として、必要に応じて基準振幅レベルを追従させながらビタビ復号42を行い、同期データを検出できたブロックに対してのみ、記録されたデータと逐次比較してエラー検出回路43でエラーレートを算出する。グループ記録における記録パワー・マージンを調べるために記録パワーを9~14mWの範囲で変化させた場合の等化後の再生信号をワーク・ステーション40に取り込んだ。消去パワーは、記録パワーに対して4.5/11.5の比を保ったまま変化させている。

【0024】仮識別に用いたPR(1, 1)を等化特性とする4状態のビタビ復号PR(1, 1)MLと、その両側に残る符号間干渉を補償する6状態ビタビ復号PR(0, 1, 1, 0)MLについて、従来型とバス制限型のビタビ復号を比較した結果を図13に示す。ここでは、基準振幅レベルを固定にした場合と追従にした場合の両方について示している。基準振幅レベルを固定にした場合、PR(0, 1, 1, 0)MLの両側に残る符号間干渉は考慮されないため、PR(1, 1)MLと全く同じ結果が得られる。従来型とバス制限型を比較してみると、記録パワーが最適値の11.5mWから離れてい

くにしたがって、バス制限型のエラーレートが増大していることは明らかである。これでは従来型ビタビ復号に比べて記録パワー・マージンが減少してしまうことになるので、この問題を解決しなければ、回路規模や動作速度に優位性があっても、仮識別を用いたバス制限型のビタビ復号を光ディスク・ドライブに適用することはできないことになる。

【0025】そこで、従来型ではエラーにならないのに、バス制限型のビタビ復号ではエラーになる部分の再生信号にどういうことが起きているかを調べてみた。図14に光ディスクの再生信号を示す。本来あるはずの反転が矢印で示したポイントではしきい値である0レベルを横切っていないために、仮識別で反転が検出できないことがわかった。この場合、仮識別で制限されたバスに正しいバスが含まれないことになるので、確実にエラーが発生する。このような現象は、ディジタルVTRの再生信号を使って調べていた時には発生しなかった。メディアなどになんらかの欠陥があった場合、微分系の磁気記録では必ず信号レベルが減少してしきい値に近づく。これに対して非微分系の光記録では反射率が変化するので、信号レベルが偏ることになって、しきい値から離れてしまい反転を検出できない場合が生じると考えられる。

【0026】本発明は、このような理由で検出できない反転を補償する方法を提供するものであり、回路規模と動作速度の点で大きな優位性のあるバス制限型のビタビ復号器を、光ディスク・ドライブにも適用することを可能にするものである。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】上述のごとく、非微分系の光記録では検出できない反転が発生し、従来型ではエラーにならないのに、バス制限型のビタビ復号ではエラーになるという問題があった。

【0028】本発明は、この点を解決して、検出できない反転を補償して、回路規模と動作速度の点で大きな優位性のあるバス制限型のビタビ復号器を、光記録系にも適用することを可能にする仮識別回路およびこの仮識別回路を用いたビタビ復号器の実現を課題とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するため、本発明は、最小反転幅が2以上の、すなわち1Tが存在しない記録変調符号を用いて記録再生されるディジタル記録再生システムで、記録データの反転と再生信号のゼロ・クロスが一致するような等化特性に等化された再生信号を、ゼロ・クロスする識別点位相でしきい値との比較で仮識別して2値化することで、状態推移のバスを制限する構成のビタビ復号器の仮識別回路において、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たし

た場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償することを特徴とする。

【0030】また、入力信号を所定のサンプリング周期で仮識別し、正しい識別結果に対して、変化点のタイミングが同一か、または1クロック周期だけ遅延してなる2値化信号を出力する仮識別手段と、前記入力信号を等化して等化信号を出力する等化手段と、前記2値化信号に基づいて、前記等化信号の取りうる状態の推移を制限し、この制限した状態の推移の中から最も確からしい状態推移を検出して前記入力信号を識別する判定手段とを具備するビタビ復号器において、前記仮識別手段に上記の仮識別回路を用いることを特徴とする。

【0031】また、入力信号を所定のサンプリング周期で仮識別し、正しい識別結果に対して、変化点のタイミングが同一か、または1クロック周期だけ遅延してなる2値化信号を出力する仮識別手段と、前記入力信号を等化して等化信号を出力する等化手段と、前記2値化信号に基づいて、前記等化信号の取りうる状態の推移を制限し、この制限した状態の推移の中から最も確からしい状態推移を検出して前記入力信号を識別する判定手段とを具備するビタビ復号器において、前記仮識別手段として、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償する仮識別手段を用いることを特徴とする。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる仮識別回路を添付図面を参照にして詳細に説明する。本発明によるバス制限型のビタビ復号用の仮識別回路の一実施の形態の構成を図1のブロック図に示す。以下、この図1にしたがって、具体的な動作を説明する。

【0033】まず、仮識別用の等化特性に等化された再生信号の振幅ZINは、あらかじめ設定された第1のしきい値TH_Zとの大小比較により

$$ZD = (ZIN > TH_Z)$$

で定義される2値化信号ZDになる。従来の仮識別回路に要求されていた動作は、基本的にはこれだけである。

【0034】本発明の請求項1の発明では、再生信号ZINは、シフト・レジスタ<SHR1>に輸入されて、遅延したZ[0]、Z[1]、Z[2]が作られる。Z[1]はあらかじめ設定された第2、第3のしきい値TH_P、TH_Mとの大小比較により

$$PD = (Z[1] > TH_P)$$

$$MD = (Z[1] > TH_M)$$

で定義される2値化信号PD、MDを得る。このPD、MDはZ[1]が第1のしきい値TH_Zに十分に近いかどうかを調べるための信号である。3つのしきい値の大小関係は、

$$TH_M < TH_Z < TH_P$$

であり、仮識別の等化特性としてPR(1, 1)を用いている場合には、図4を参照にして、例えば、

$$TH_Z = (C001 + C110) / 2$$

$$TH_P = (C111 + C011) / 4$$

$$TH_M = (C000 + C100) / 4$$

などと設定すれば良い。

【0035】さらにZ[0]、Z[2]をZ[1]と大小比較して、

$$LB = (Z[1] > Z[0])$$

$$LA = (Z[1] > Z[2])$$

を得る。このLB、LAは、Z[1]のレベルが極大または極小であるかどうかを調べるための信号である。以上のPD、MD、LA、LBと仮識別結果を遅延させたZD[1]、ZD[3]を使って、

$$DET1 = (!ZD[1] \&\&!ZD[3] \&\&!PD \&\&!LA \&\&!LB) \mid\mid (ZD[1] \&\&ZD[3] \&\&MD \&\&LA \&\&LB)$$

に基づいて、ZD[1]～ZD[3]が連続して0でありZD[1]が十分にTH_Zに近い極大であるか、または、ZD[1]～ZD[3]が連続して1でありZD[1]が十分にTH_Zに近い極小である場合に、検出できなかった反転がZD[1]にあったと判定してDET1=1とする。なお、!は論理否定演算子、&&は論理積演算子、||は論理和演算子である。シフト・レジスタ<SHR2>ではDET1=1の場合にはZD[2]を反転させたものを、DET1=0の場合にはZD[1]を選択してラッチし、次のZD[2]とする。

【0036】従来技術として説明したように、仮識別した結果に1Tが含まれている場合、図7、図8で示したように前の反転をひとつ前にずらして2Tにする。しかしながら、以上の請求項1の発明で検出できなかった反転を追加した場合にも、前の反転をひとつ前にずらせばよいという保証はどこにもない。

【0037】そこで、本発明の請求項2の発明では反転を追加した場合には、Z[0]とZ[2]のうちTH_Zに近い方に反転をずらして1Tを2Tにする。図1では、まず、

$$DABS_B = abs(z[1] - TH_Z)$$

$$DABS_A = abs(ZIN - TH_Z)$$

を計算してからラッチして、Z[0]とTH_Zの差の絶対値DABS_Bと、Z[2]とTH_Zとの差の絶対値DABS_Aとしてから比較し、

$$AB = (DABS_A > DABS_B)$$

を得ている。そして、

$$DET0 = DET1 \&\&AB$$

$$DET2 = DET1 \&\&!AB$$

に基づいて、DET0=1(反転が追加され、なおかつZ[0]の方がTH_Zに近い)の場合にはZ[1]を反転させたものを、DET0=0の場合にはZD[0]

を選択してラッチして次のZD[0]とし、DET2=1（反転が追加され、なおかつZ[2]の方がTH_Zに近い）の場合にはZD[2]を反転させたものを、DET2=0の場合にはZD[2]を選択してラッチして次のZD[2]とすることで1Tを2Tにする。

【0038】本発明の仮識別回路を用いることによって、符号間干渉長が5までの等化特性を用いて、従来型のビタビ復号器と比較すれば大幅に回路規模を削減し、なおかつ約2倍の動作をするバス制限型のビタビ復号器を光ディスク・ドライブにも適用することが可能になる。

【0039】本発明の具体的な効果を調べるために、図14で用いた再生信号データを使って、同様なエラーレート・シミュレーションを行った結果を図2に示す。ここでは、請求項1と請求項2の両方の発明を合わせて適用した。基準振幅レベル固定の場合には仮識別のしきい値も固定にしたので、本発明を用いて未検出の反転を補償してもまだ少しエラーが増えているところがあるが、基準振幅レベルとともに仮識別のしきい値も追従させた場合には、従来型のビタビ復号と比べて、同等もしくはそれ以上の識別性能を持つことが確認できた。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1の発明は、2値識別で反転が検出されなくても、再生信号のレベルが十分にしきい値に近く、なおかつ、仮識別結果が0であれば極大、1であれば極小であるという条件を満たした場合には、仮識別の結果を反転させることで反転未検出を補償するようにした。これにより、検出できない反転を補償して非微分系の光記録系にもバス制限型のビタビ復号器を適用可能にすることができ、回路規模と動作速度を大幅に改善することのできるバス制限型のビタビ復号器用の仮識別回路を実現することができ

る。

【0041】本発明の請求項2の発明は、未検出だった反転が追加された場合に、その前後の再生信号のレベルを調べて、しきい値に近い方のビットに反転をずらして1Tを2Tにすることを特徴とする。これにより、反転をずらす位置を正しく判定することができ、従来型のビタビ復号と比べて、同等もしくはそれ以上に識別性能を向上することを可能にする。

【0042】本発明の請求項3の発明は、仮識別用の等化特性としてPR(1, 1)を用いる場合、しきい値TH_Z、TH_M、TH_PをPR(1, 1)用ビタビ復号で用いる基準振幅レベルC000~C111を用い

て定義することとする。これにより、しきい値を容易に設定できると共に記録再生条件の変動に追従することを可能にすることができる。

【0043】本発明の請求項4の発明は、3つのしきい値TH_Z、TH_P、TH_Mを、識別結果と該当する再生信号の振幅レベルを参照して、記録再生条件の変動に追従するようにする。これにより、これにより識別性能を一層向上し、従来型のビタビ復号と同等もしくはそれ以上に識別性能を得ることができる。

【0044】本発明の請求項5および請求項6の発明は、ビタビ復号器に以上に述べた仮識別回路を用いることを特徴とする。これにより、光記録系に用いることが可能な回路規模と動作速度のを大幅に改善したバス制限型のビタビ復号器を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のバス制限型ビタビ復号用の仮識別回路の一実施形態の構成を示すブロック図。

【図2】図1の実施の形態と従来型とのエラーレート・シミュレーション結果の比較を示す図。

【図3】符号間干渉長を3~4としたときのビタビ復号のためのトレリス線図。

【図4】種々の等化特性に対する基準振幅レベルの図表。

【図5】符号間干渉長と回路規模の関係を示す図表。

【図6】PR(1, 1)等化された再生信号を仮識別する際の識別点位相を示す図。

【図7】符号間干渉長が3の場合の記録データ、仮識別結果と状態推移の関係を示す図。

【図8】符号間干渉長が4の場合の記録データ、仮識別結果と状態推移の関係を示す図。

【図9】仮識別結果の組合せと基準振幅レベルの関係を示す図表。

【図10】バス制限型ビタビ復号の回路構成を示すブロック図。

【図11】ACS回路の回路構成を示すブロック図。

【図12】光ディスクの記録再生系の実験システムのブロック図。

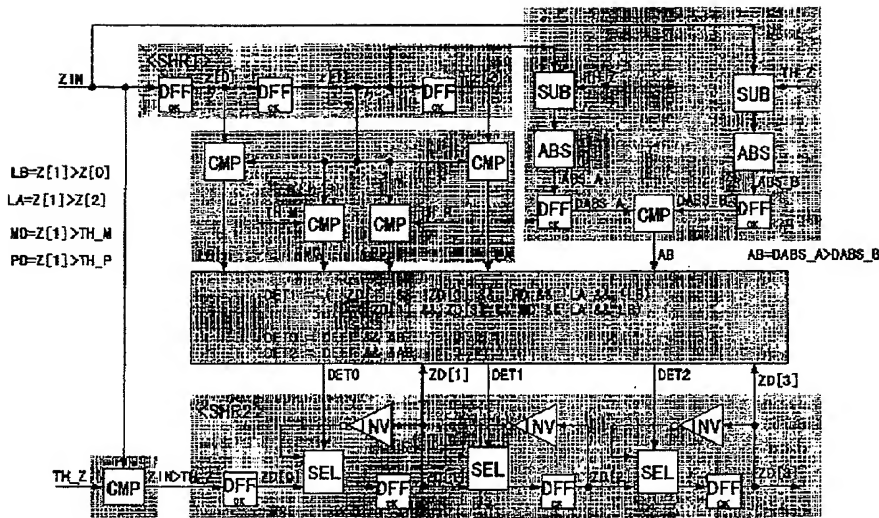
【図13】従来型とバス制限型のビタビ復号とのエラーレート・シミュレーション結果の比較を示す図。

【図14】光ディスクの再生信号の一例を示す図。

【符号の説明】

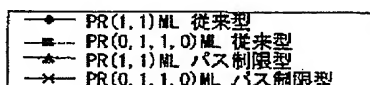
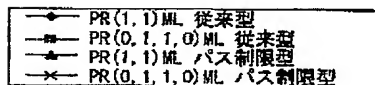
11...PRD、12...LPS、13...BMC、14...ACS、15...PMU、20...PCメディア評価基台、30...デジタルオシロ、40...ワークステーション。

【図1】

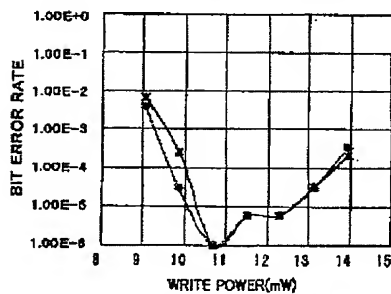


【図2】

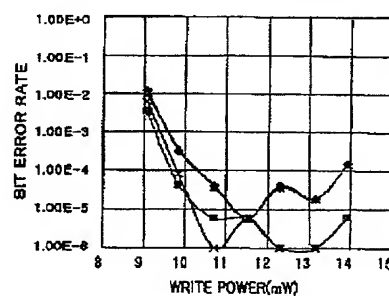
【図5】



ISI長	BMC	ACS	PMU
3	6	2	4
4	10	4	6

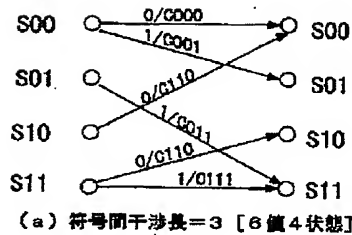


(a) 基準振幅レベル固定

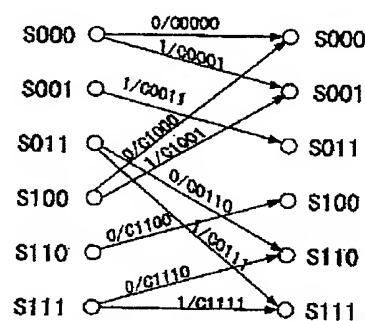


(b) 基準振幅レベル追従

【図3】



(a) 符号間干渉長=3 [6値4状態]



(b) 符号間干渉長=4 [10値6状態]

【図4】

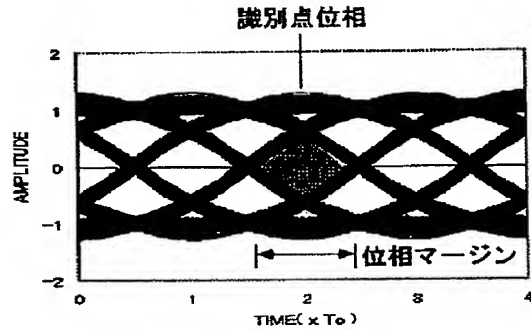
	PR(1, 1) [PR1]	PR(1, 2, 1) [PR2]	PR(1, 0, -1) [PR4]
演算	1	1+D	1-D
C000	-16	-32	0
C001	0	-16	+16
C011	+16	+16	+16
C100	-16	-16	-16
G110	0	+16	-16
G111	+16	+32	0

(a) 符号間干渉長=3 [6値4状態]

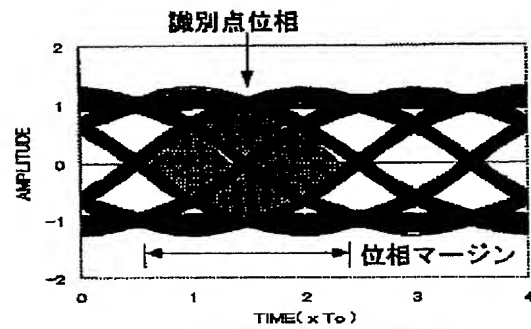
	PR(1, 3, 3, 1) [EPR2]	PR(1, 2, 2, 1) 1+D+D ²	PR(1, 1, 1, 1) 1+D ²	PR(1, 1, -1, -1) 1-D ²
演算	1+2D+D ²	1+D+D ²	1+D ²	1-D ²
C0000	-64	-48	-32	0
C0001	-48	-32	-16	+16
C0011	0	0	0	+32
C0110	+32	+16	0	0
C0111	+48	+32	+16	+16
C1000	-48	-32	-16	-16
C1001	-32	-16	0	0
G1100	0	0	0	-32
G1110	+48	+32	+16	-16
G1111	+64	+48	+32	0

(b) 符号間干渉長=4 [10値6状態]

【図6】

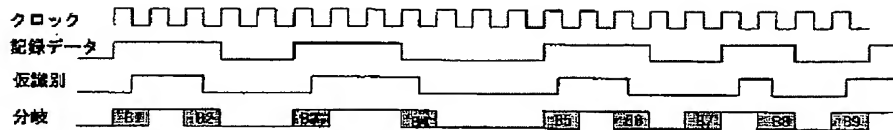


(a) 通常の2値識別

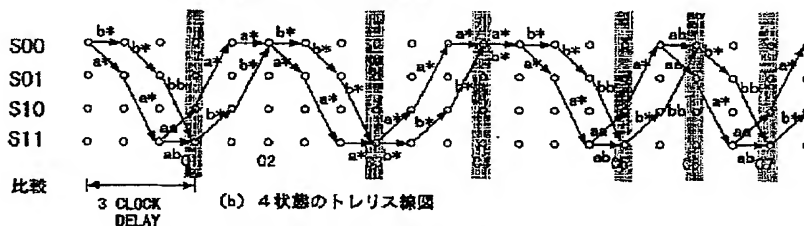


(b) パス制限のための仮識別

【図7】



(a) 記録データと仮識別結果

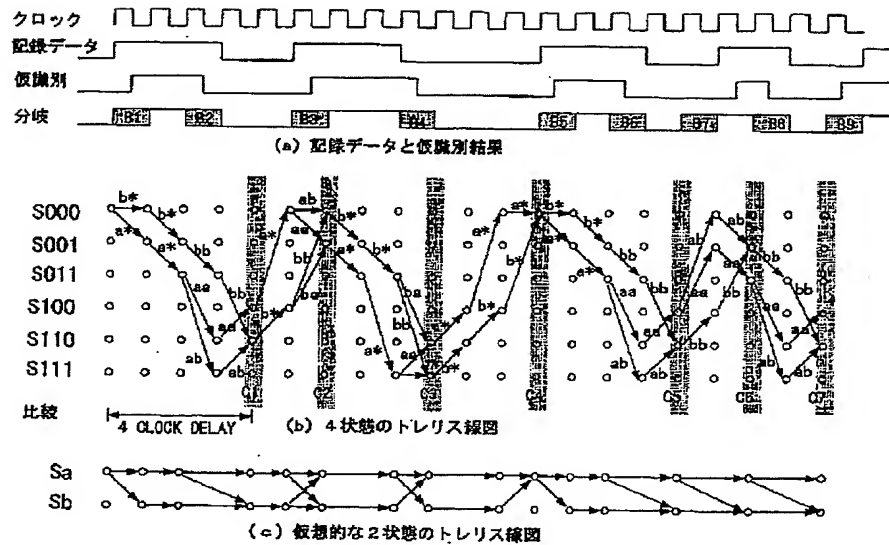


(b) 4状態のトレリス線図



(c) 仮想的な2状態のトレリス線図

【図8】



【図9】

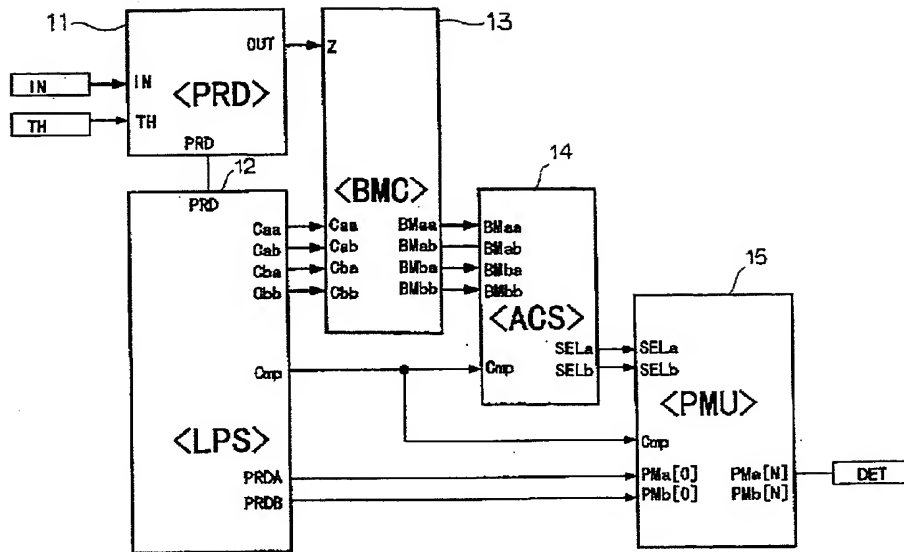
PRD	No	Gaa	Gbb	Gba	Gab
0000	[00]	0000	0000	0000	0000
0001	[01]	0001	0000	0000	0001
0011	[03]	0011	0001	0001	0011
0110	[06]	0110	0011		0111
0111	[07]	0111	0011	0011	0111
1000	[08]	0000	0100	0100	0000
1001	[09]	0001	0100		0000
1100	[12]	0100	0110	0110	0100
1110	[14]	0110	0111	0111	0110
1111	[15]	0111	0111	0111	0111

(a) 符号間干渉長=3 [6 値 4 状態]

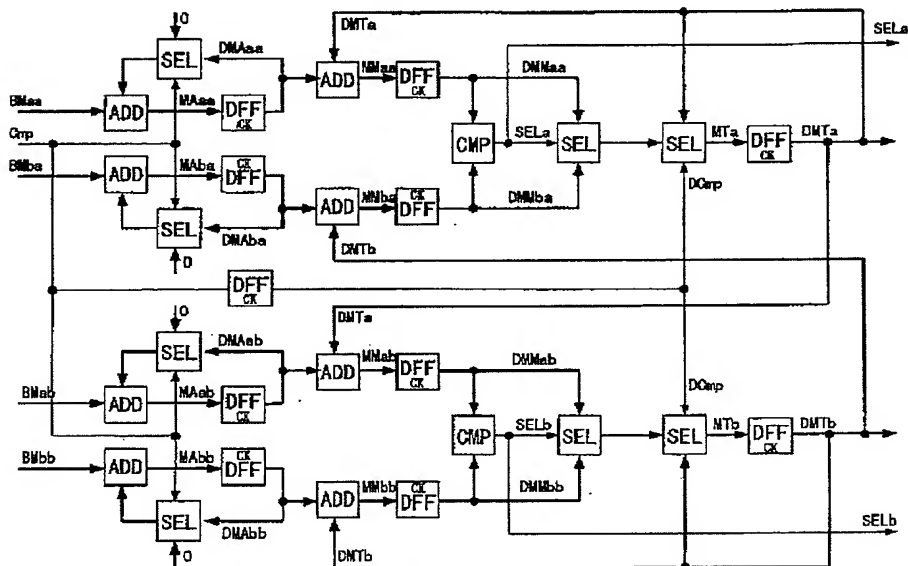
PRD	No	Gaa	Gbb	Gba	Gab
00000	[00]	00000	00000	00000	00000
00001	[01]	00001	00000	00000	00001
00011	[03]	00011	00001	00001	00011
00110	[06]	00110	00011		00111
00111	[07]	00111	00011	00011	00111
01100	[12]	01100	00110		01110
01110	[14]	01110	00111	00110	01111
01111	[15]	01111	00111	00111	01111
10000	[16]	00000	01000	01000	00000
10001	[17]	00001	01000	01001	00000
10011	[19]	00011	01001		00001
11000	[24]	01000	01100	01100	01000
11001	[25]	01001	01100		01000
11100	[28]	01100	01110	01110	01100
11110	[30]	01110	01111	01111	01110
11111	[31]	01111	01111	01111	01111

(b) 符号間干渉長=4 [10 値 6 状態]

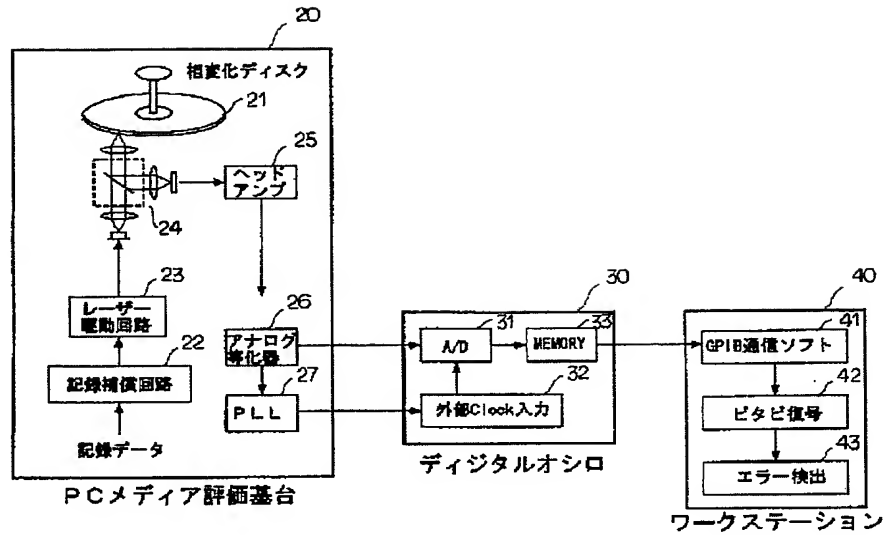
【図10】



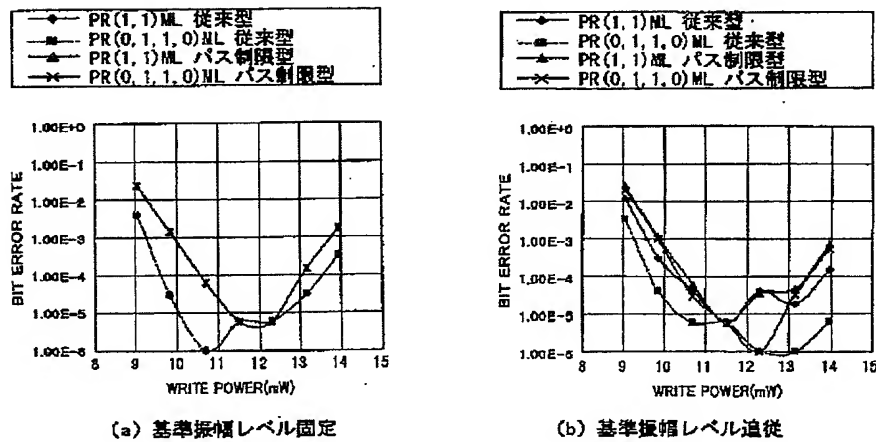
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

